

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001年8月30日 (30.08.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/63972 A1

(51) 国際特許分類⁷: H05B 3/18, 3/68,
3/20, 3/10, H01L 21/68, B28B 11/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP00/03080

(22) 国際出願日: 2000年5月15日 (15.05.2000)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2000-49482 2000年2月25日 (25.02.2000) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒503-0917 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地 Gifu (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 平松靖二 (HIKOSU RAMATSU, Yasuji) [JP/JP]. 伊藤康隆 (ITO, Yasutaka)

(74) 代理人: 安富康男、外 (YASUTOMI, Yasuo et al.); 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目4番20号 中央ビル Osaka (JP).

(81) 指定国(国内): CN, KR, US.

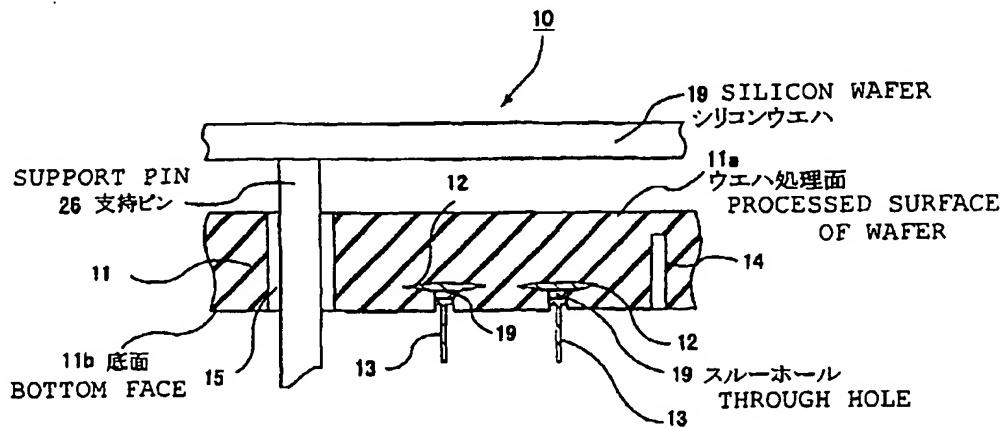
(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドスノート」を参照。

(54) Title: CERAMIC SUBSTRATE AND ITS PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: セラミック基板およびその製造方法



(57) Abstract: A ceramic substrate including therein a conductor layer, having an excellent even temperature distribution and an excellent heat-impact resistance and chucked by a strong chucking force when electrostatic chuck is used, characterized in that the cross section of the edge of the conductor layer has a shape of a pointed head.

WO 01/63972 A1

(統葉有)



(57) 要約:

本発明は、均熱性、耐熱衝撃性に優れ、静電チャックとした場合は、チャック力も大きいセラミック基板を提供することを目的とするものであり、本発明のセラミック基板は、セラミック基板の内部に導体層が形成されてなるセラミック基板において、上記導体層の端部の断面は、尖頭状であることを特徴とする。

明細書

セラミック基板およびその製造方法

技術分野

5 本発明は、主に半導体産業において使用されるセラミック基板に関し、特には、ホットプレート、静電チャック、ウエハプローバ等に好適であり、耐熱衝撃性、均熱性、チャック力等に優れたセラミック基板に関する。

背景技術

10 半導体は種々の産業において必要とされる極めて重要な製品であり、半導体チップは、例えば、シリコン単結晶を所定の厚さにスライスしてシリコンウエハを作製した後、このシリコンウエハに複数の集積回路等を形成することにより製造される。

15 この半導体チップの製造工程においては、静電チャック上に載置したシリコンウエハに、エッチング、CVD等の種々の処理を施して、導体回路や素子等を形成する。その際に、デポジション用ガス、エッチング用ガス等として腐食性のガスを使用するため、これらのガスによる腐食から静電電極層を保護する必要があり、また、吸着力を誘起する必要があるため、静電電極層は、通常、セラミック誘電体膜等により被覆されている。

20 このセラミック基板としては、特許掲載公報第2798570号や特許掲載公報第2513995号、特開平11-74064号公報などに、グリーンシートにタンクスチタン(W)などの金属ペーストを印刷して積層したヒータ付き静電チャックが記載されている。

25 発明の要約

しかしながら、このような方法により製造されたセラミック基板では、熱衝撃を加えると抵抗発熱体などの導体層の端部からクラックが発生したり、あるいは発熱体にそって高温領域が生じてしまうなどの問題が発生した。

さらに、チャック力にもばらつきが生じて充分な吸着力が得られなかつた。

また、内部の電極や抵抗発熱体については、電極や抵抗発熱体間の高温でのリード电流が問題となる。

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、静電電極、R F電極、抵抗発熱体を構成する導体層の断面の端部を、尖頭状にすることで、これらの問題を解決できることを見い出し、本発明を完成させるに至った。

すなわち、本発明は、セラミック基板の内部に導体層が形成されてなるセラミック基板において、

上記導体層の端部の断面は、尖頭状であることを特徴とするセラミック基板である。

10 本発明のセラミック基板において、上記導体層が抵抗発熱体である場合には、ホットプレートとして機能し、上記導体層が静電電極である場合には、静電チャックとして機能する。

また、上記セラミック基板において、上記導体層は、 $0.1 \sim 200 \mu\text{m}$ の幅の尖頭状部を有することが望ましい。

15 また、本発明のセラミック基板の製造方法は、セラミックグリーンシートに導体層を印刷し、別のグリーンシートと加熱しながら加圧して一体化し、ついでセラミックを焼結させることを特徴とする。

図面の簡単な説明

20 図1は、本発明のセラミック基板を用いたセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図である。

図2は、図1に示したセラミックヒータの部分拡大断面図である。

図3は、本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

25 図4は、図3に示したセラミックヒータのA-A線断面図である。

図5は、本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

図6は、本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

図 7 は、本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

図 8 (a) ~ (d) は、図 5 に示した静電チャックの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

5 図 9 は、本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

図 10 は、本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

10 図 11 は、本発明に係る静電チャックを支持容器に嵌め込んだ状態を模式的に示した断面図である。

図 12 は、本発明のセラミック基板を用いたウェハプローバを模式的に示した断面図である。

図 13 は、図 12 に示したウェハプローバのガード電極を模式的に示した断面図である。

15 図 14 は、実施例 1 に係る静電チャックを構成するセラミック基板の破壊断面を示した SEM 写真である。

符号の説明

- 1、11、63 セラミック基板
- 20 2、22、32a、32b チャック正極静電層
- 3、23、33a、33b チャック負極静電層
- 2a、3a 半円弧状部
- 2b、3b 櫛歯部
- 4 セラミック誘電体膜
- 25 5、12、25、61 抵抗発熱体
- 6、13、18 外部端子
- 7 金属線
- 8 ペルチェ素子
- 9 シリコンウェハ

10 セラミックヒータ
14 有底孔
15 貫通孔
16、17、19 スルーホール
5 20、30、101、201、301、401 静電チャック
25a 金属被覆層
35、36 袋孔
41 支持容器
42 冷媒吹き出し口
10 43 吸入口
44 冷媒注入口
45 断熱材
62 チャックトップ導体層
65 ガード電極
15 66 グランド電極
66a 電極非形成領域
67 溝
68 吸引孔
501 ウエハプローバ

20

発明の詳細な開示

本発明セラミック基板は、セラミック基板の内部に導体層が形成されてなるセラミック基板において、
上記導体層の端部の断面は、尖頭状であることを特徴とする。
25 上記セラミック基板において、上記導体層が抵抗発熱体である場合には、ホットプレートとして機能し、上記導体層が静電電極である場合には、静電チャックとして機能する。
本発明のセラミック基板は、150°C以上の温度で使用されることが望ましく、
200°C以上の温度で使用されることが最も望ましい。

また、上記セラミック基板において、上記導体層は、0.1～200μmの幅の尖頭状部を有することが望ましく、5～100μmの幅の尖頭状部を有することがより望ましい。

また、上記セラミック基板を製造する際には、セラミックグリーンシートに導体層を印刷し、別のグリーンシートと加熱しながら加圧して一体化し、ついでセラミックを焼結させる方法をとることが望ましい。

本発明で用いるセラミック基板に埋設された導体層が静電チャックのチャック力を誘起するための電極、すなわち静電電極である場合には、電極の端部が尖頭状であるため、この端部に沿って電界が集中し、大きなチャック力が誘引されると考えられる。

また、熱衝撃によりクラックが発生する理由について解析したところ、従来の印刷方法等を用いて製造された導体層は、断面が概ね長方形であり、ウェハ処理面（半導体ウェハを加熱、保持、吸着する面）に垂直な面を持っている。また、導体層とセラミック基板を構成するセラミックとの熱膨張係数が異なる。そのため、セラミック基板が加熱されたり、冷却されたりすると、導体層のウェハ処理面に垂直な面とセラミックとの間を引き離す力が加わり、この力のためにクラックが発生しやすくなると考えられる。

しかしながら、本発明のセラミック基板では、導体層に、ウェハ処理面と垂直な面が存在しないため、クラックが発生しにくい。

さらに、抵抗発熱体に沿って高温領域が生じるのは、抵抗発熱体のうちウェハの処理面に垂直な面と水平な面の交線部分が蓄熱されやすいためではないかと考えられる。このような蓄熱現象が生じる理由は定かではないが、抵抗発熱体のうちウェハの処理面に垂直な面と水平な面の両方から熱が放出伝搬され、これらの熱が丁度交線部分で交差するからではないかと推定される。

しかししながら、本発明のセラミック基板では、ウェハ処理面に垂直な面が存在しないため、このような蓄熱現象は生じず、ウェハ処理面における均熱性に優れる。

さらに、セラミック基板の内部に電極（ウェハプローバのガード電極、ランド電極、静電チャックの電極、RF電極等）、抵抗発熱体などの導体層を有する

場合、導体層のウエハ処理面に垂直な面が存在すると、この面同士が対向することになり、高温でのリーク電流が発生しやすくなる。本発明では、導体層の端部断面が尖頭状になっており、面同士が対向しないため、高温でのリーク電流が発生しにくい。

5 本発明のセラミック基板は、150°C以上、望ましくは200°C以上の温度領域で使用する。

本発明の導体層は、静電電極、抵抗発熱体、RF電極であつてもよく、ウエハプローバで使用されるガード電極、グランド電極であつてもよい。

上記導体層は、0.1～200 μmの幅の尖頭状部を有することが望ましい。

10 上記尖頭状部の幅が200 μmを超えると抵抗値にばらつきを生じてしまい、一方、0.1 μm未満であると上記クラック防止等の効果が発生しないからである。尖頭状部の幅は、特に、5～100 μmが最適である。また、尖頭状部の曲率半径は、0.5～500 μmが最適である。

15 本発明のセラミック基板では、最大気孔の気孔径が50 μm以下であることが望ましく、気孔率は5%以下が望ましい。また、上記セラミック基板には、気孔が全く存在しないか、気孔が存在する場合は、その最大気孔の気孔径は、50 μm以下であることが望ましい。

20 気孔が存在しない場合は、高温での耐電圧が特に高くなり、逆に気孔が存在する場合は、破壊韌性値が高くなる。このためどちらの設計にするかは、要求特性によって変わるのである。

気孔の存在によって破壊韌性値が高くなる理由が明確ではないが、クラックの進展が気孔によって止められるからであると推定している。

25 本発明で、最大気孔の気孔径が50 μm以下であることが望ましいのは、気孔径が50 μmを超えると高温、特に200°C以上での耐電圧特性を確保するのが難しくなるからである。

最大気孔の気孔径は、10 μm以下が望ましい。200°C以上での反り量が小さくなるからである。

気孔率や最大気孔の気孔径は、焼結時の加圧時間、圧力、温度、SiCやBNなどの添加物で調整する。SiCやBNは焼結を阻害するため、気孔を導入させ

ることができる。

最大気孔の気孔径を測定する際には、試料を5個用意し、その表面を鏡面研磨し、2000～5000倍の倍率で表面を電子顕微鏡で10箇所撮影する。そして、撮影された写真で最大の気孔径を選び、50ショットの平均を最大気孔の気孔径とする。

気孔率は、アルキメデス法により測定する。焼結体を粉碎して有機溶媒中あるいは水銀中に粉碎物を入れて体積を測定し、粉碎物の重量と体積から真比重を求め、真比重と見かけの比重から気孔率を計算するのである。

本発明のセラミック基板の直径は200mm以上が望ましい。特に12インチ(300mm)以上であることが望ましい。次世代の半導体ウェハの主流となるからである。

本発明のセラミック基板の厚さは、50mm以下が望ましく、特に25mm以下が望ましい。

セラミック基板の厚さが25mmを超えると、セラミック基板の熱容量が大きすぎる場合があり、特に、温度制御手段を設けて加熱、冷却すると、熱容量の大きさに起因して温度追従性が低下してしまう場合があるからである。

セラミック基板の厚さは、特に5mm以下が最適である。なお、セラミック基板の厚さは、1mm以上が望ましい。

本発明のセラミック基板を構成するセラミック材料は特に限定されず、例えば、窒化物セラミック、炭化物セラミック、酸化物セラミック等が挙げられる。

上記窒化物セラミックとしては、金属窒化物セラミック、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素等が挙げられる。

また、上記炭化物セラミックとしては、金属炭化物セラミック、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニア、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。

上記酸化物セラミックとしては、金属酸化物セラミック、例えば、アルミナ、ジルコニア、コーチェライト、ムライト等が挙げられる。

これらのセラミックは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

これらのセラミックの中では、窒化物セラミック、酸化物セラミックが好ましい。

また、窒化物セラミックの中では窒化アルミニウムが最も好適である。熱伝導率が 180 W/m·K と最も高いからである。

上記セラミック基板は、0.1～5重量%の酸素を含有していることが望ましい。この場合、例えば、窒化物セラミックは、焼結が進行しやすくなり、気孔を含んでいる場合にも、この気孔は独立した気孔となり、耐電圧が向上するからである。

0.1 重量%未満では、耐電圧を確保することができず、逆に 5 重量%を超えると酸化物の高温耐電圧特性の低下により、耐電圧はやはり低下してしまうからである。また、酸素量が 5 重量%を超えると熱伝導率が低下して昇温降温特性が 10 低下するからである。

例えば、上記窒化物セラミックに酸素を含有させるためには、通常、窒化物セラミックを酸化性雰囲気で焼成するか、または、窒化物セラミックの原料粉末中に金属酸化物を混合して焼成を行う。酸化物セラミックの場合には、他の酸化物を混入し、複合酸化物とする。

15 上記金属酸化物としては、例えば、イットリア (Y_2O_3)、アルミナ (Al_2O_3)、酸化ルビジウム (Rb_2O)、酸化リチウム (Li_2O)、炭酸カルシウム (CaCO_3) 等が挙げられる。

これらの金属酸化物の含有量は、0.1～20 重量%が好ましい。

本発明では、セラミック基板中に 5～5000 ppm のカーボンを含有していることが望ましい。

カーボンを含有させることにより、セラミック基板を黒色化することができ、ヒータとして使用する際に輻射熱を充分に利用することができるからである。

カーボンは、非晶質のものであっても、結晶質のものであってもよい。非晶質のカーボンを使用した場合には、高温における体積抵抗率の低下を防止することができ、結晶質のものを使用した場合には、高温における熱伝導率の低下を防止することができるからである。従って、用途によっては、結晶質のカーボンと非晶質のカーボンの両方を併用してもよい。また、カーボンの含有量は、50～2000 ppm がより好ましい。

セラミック基板にカーボンを含有させる場合には、その明度が JIS Z 8

721の規定に基づく値でN4以下となるようにカーボンを含有させることが望ましい。この程度の明度を有するものが輻射熱量、隠蔽性に優れるからである。

ここで、明度のNは、理想的な黒の明度を0とし、理想的な白の明度を10とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を10分割し、N0～N10の記号で表示したものである。

実際の明度の測定は、N0～N10に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点1位は0または5とする。

本発明のセラミック基板は、半導体の製造や半導体の検査を行うための装置に用いられるセラミック基板であり、具体的な装置としては、例えば、静電チャック、ホットプレート（セラミックヒータ）、ウエハプローバなどが挙げられる。

上記セラミック基板の内部に形成された導電体が抵抗発熱体である場合には、セラミックヒータ（ホットプレート）として使用することができる。

図1は、本発明のセラミック基板の一実施形態であるセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図であり、図2は、図1に示したセラミックヒータの一部を示す部分拡大断面図である。

セラミック基板11は、円板形状に形成されており、セラミック基板11の内部には、温度制御手段としての抵抗発熱体12が同心円状のパターンに形成されている。また、これら抵抗発熱体12は、互いに近い二重の同心円同士が1組の回路として、1本の線になるように接続され、その回路の両端部に入出力の端子となる外部端子13がスルーホール19を介して接続されている。また、図2に示すように、抵抗発熱体12の両端部の断面は、尖頭状となっており、このため、セラミック基板11には、熱衝撃等によるクラックが発生しにくく、抵抗発熱体12の端部に蓄熱現象が発生することもなく、また、ウエハ処理面に温度分布が発生せず、均一な温度になる。

また、図2に示すように、セラミック基板11には貫通孔15が設けられ、この貫通孔15に支持ピン26が挿通され、シリコンウエハ9が保持されている。そして、この支持ピン26を上下することにより、搬送機からシリコンウエハ9を受け取ったり、シリコンウエハ9をセラミック基板11のウエハ処理面11a上に載置して加熱したり、シリコンウエハ9をウエハ処理面11aから50～2

000 μm 程度の間隔で離間させた状態で支持し、加熱したりすることができる。また、セラミック基板11の底面11aには、熱電対等の測温素子を挿入するための有底孔14が設けられている。そして、抵抗発熱体12に通電すると、セラミック基板11は加熱され、これによりシリコンウエハ等の被加熱物の均一な加熱を行うことができる。

セラミックヒータの場合には、端部の断面が尖頭状の抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設けることにより、この抵抗発熱体が上述した本発明の効果を有する。また、後述する静電チャックやウエハプローバの場合には、抵抗発熱体をセラミック基板の底面に設けてもよい。この場合には、静電電極、ガード電極、グランド電極等の端部の断面を尖頭状とすることにより、これらの電極が上述した本発明の効果を有する。

セラミック基板の内部に抵抗発熱体を設ける場合は、セラミック基板を嵌め込む支持容器に、冷却手段としてエアー等の冷媒の吹きつけ口などを設けてもよい。抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設ける場合には、複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは相互に補完するように形成されて、加熱面からみるとどこかの層にパターンが形成された状態が望ましい。例えば、互いに千鳥の配置になっている構造である。

抵抗発熱体は、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケル等の金属、または、タングステン、モリブデンの炭化物等の導電性セラミックからなるものであることが望ましい。抵抗値を高くすることが可能となり、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くするとともに、酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

また、抵抗発熱体は、セラミック基板全体の温度を均一にする必要があることから、図1に示すような同心円形状のパターンや同心円形状のパターンと屈曲線形状のパターンとを組み合わせたものが好ましい。また、抵抗発熱体の厚さは、1～50 μm が望ましく、その幅は、5～20 mmが好ましい。また、この抵抗発熱体は、0.1～200 μm の幅の尖頭状部を有することが望ましい。

抵抗発熱体の厚さや幅を変化させることにより、その抵抗値を変化させること

ができるが、上記範囲が最も実用的だからである。抵抗発熱体の抵抗値は、薄く、また、細くなるほど大きくなる。

なお、抵抗発熱体を内部に設けると、加熱面と抵抗発熱体との距離が近くなり、表面の温度の均一性が低下するため、抵抗発熱体自体の幅を広げる必要がある。

5 また、セラミック基板の内部に抵抗発熱体を設けるため、セラミック基板との密着性を考慮する必要性がなくなる。

抵抗発熱体は、断面が方形、楕円形、紡錘形、蒲鉾形状のいずれでもよいが、偏平なものであることが望ましく、端部の断面が尖頭状であることが望ましい。偏平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面への熱伝搬量を多くする
10 ことができ、加熱面の温度分布ができにくいうからである。なお、抵抗発熱体は螺旋形状でもよい。

抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する際には、底面から厚さ方向に 6 0 %までの領域に形成することが望ましい。加熱面の温度分布をなくし、半導体ウエハを均一に加熱することができるからである。

15 なお、半導体ウエハなどの被加熱物を直接加熱面に載置して加熱することもできる。また、被加熱物を、加熱面から 50 ~ 200 μm 程度離間させて保持し、加熱することもできる。

本発明の半導体装置用セラミック基板の底面または内部に抵抗発熱体を形成するためには、金属や導電性セラミックからなる導電ペーストを用いることが好ま
20 しい。

即ち、セラミック基板の底面に抵抗発熱体を形成する場合には、通常、焼成を行って、セラミック基板を製造した後、その表面に上記導体ペースト層を形成し、焼成することより、抵抗発熱体を形成する。

一方、図 1、2 に示すようにセラミック基板 11 の内部に抵抗発熱体 12 を形成する場合には、グリーンシート上に上記導電ペースト層を形成した後、別のグリーンシートと加熱しながら加圧し、一体化させてグリーンシートの積層体を作製する。このときに、乾燥後の導体ペーストがある程度変形しやすくなる程度の温度まで加熱を行うことにより、端部が尖頭状の導体ペースト層を形成することができる。この後、積層体を焼成することにより、端部の断面が尖頭状の抵抗発

熱体をセラミック基板の内部に作製することができる。

上記導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するため金属粒子または導電性セラミック粒子が含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

5 上記金属粒子や導電性セラミック粒子の材料としては、上述したものが挙げられる。これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0.1～100μmが好ましい。0.1μm未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、100μmを超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

10 上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってよい。

上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、抵抗発熱体とセラミック基板との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができる有利である。

15 上記導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂等が挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコール等が挙げられる。増粘剤としては、セルロース等が挙げられる。

抵抗発熱体用の導体ペーストをセラミック基板の表面に形成する際には、上記導体ペースト中に上記金属粒子のほかに金属酸化物を添加し、上記金属粒子および上記金属酸化物を焼結させたものとすることが好ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、セラミック基板と金属粒子とをより密着させることができる。

25 上記金属酸化物を混合することにより、セラミック基板との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や非酸化物からなるセラミック基板の表面は、その表面がわずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子とセラミックとが密着するのではないかと考えられる。また、セラミック基板を構成するセラミックが酸化物の場合は、当然に表面が酸化物からなるので、密着性に優れた導体層が形成される。

上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（

B_2O_3)、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。

これらの酸化物は、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善することができるからである。

5 上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが好ましい。

10 これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特にセラミック基板との密着性を改善することができる。

上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して抵抗発熱体を形成した際の面積抵抗率は、1～45mΩ/□が好ましい。

15 面積抵抗率が45mΩ/□を超えると、印加電圧量に対して発熱量は大きくなりすぎて、表面に抵抗発熱体を設けた半導体装置用セラミック基板では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が10重量%以上であると、面積抵抗率が50mΩ/□を超えてしまい、発熱量が大きくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

20 抵抗発熱体がセラミック基板の表面に形成される場合には、抵抗発熱体の表面部分に、金属被覆層が形成されていることが好ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化するのを防止するためである。形成する金属被覆層の厚さは、0.1～10μmが好ましい。

上記金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケル等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。

なお、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合には、抵抗発熱体表面が酸化されなければならないため、被覆は不要である。

上記セラミック基板の内部に形成された導電体が静電電極層である場合には、上記セラミック基板は、静電チャックとして使用することができる。この場合、R F 電極や抵抗発熱体が静電電極の下部であって、セラミック基板内に導電体として形成されていてもよい。

5 図 3 は、本発明に係る静電チャックの一実施形態を模式的に示した縦断面図であり、図 4 は、図 3 に示した静電チャックにおける A-A 線断面図である。

この静電チャック 101 では、円板形状のセラミック基板 1 の内部に、チャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とからなる静電電極層が埋設されており、この静電電極層の上に薄いセラミック層 4（以下、セラミック誘電体膜という）が形成されている。また、静電チャック 101 上には、シリコンウェハ 9 が載置され、接地されている。

10 図 4 に示したように、チャック正極静電層 2 は、半円弧状部 2a と櫛歯部 2b とからなり、チャック負極静電層 3 も、同じく半円弧状部 3a と櫛歯部 3b とかなり、これらのチャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 とは、櫛歯部 2b、3b を交差するように対向して配置されており、このチャック正極静電層 2 およびチャック負極静電層 3 には、それぞれ直流電源の十側と一側とが接続され、直流電圧 V_2 が印加されるようになっている。

15 そして、図 3 に示したように、抵抗発熱体 5 と、チャック正極静電層 2 とチャック負極静電層 3 を構成する半円弧状部 2a、3a および櫛歯部 2b、3b との端部の断面は、尖頭状となっている。

また、セラミック基板 1 の内部には、シリコンウェハ 9 の温度をコントロールするために、図 1 に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体 5 が設けられており、抵抗発熱体 5 の両端には、外部端子が接続、固定され、電圧 V_1 が印加されるようになっている。図 3、4 には示していないが、このセラミック基板 1 には、図 1、2 に示したように、測温素子を挿入するための有底孔とシリコンウェハ 9 を支持して上下させる支持ピン（図示せず）を挿通するための貫通孔が形成されている。なお、抵抗発熱体は、セラミック基板の底面に形成されていてよい。

この静電チャック 101 を機能させる際には、チャック正極静電層 2 とチャック

ク負極静電層3とに直流電圧V₂を印加する。これにより、シリコンウエハ9は、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3との静電的な作用によりこれらの電極にセラミック誘電体膜4を介して吸着され、固定されることとなる。このようにしてシリコンウエハ9を静電チャック101上に固定させた後、このシリコ
5 ウエハ9に、CVD等の種々の処理を施す。

本発明に係る静電チャック101では、チャック正負極静電層2、3の端部の断面が尖頭状であるので、この端部に沿って電界が集中し、大きなチャック力が誘引される。また、チャック正負極静電層2、3や抵抗発熱体5の端部の断面が尖頭状であるので、クラックが発生しにくく、抵抗発熱体5の端部に蓄熱現象が
10 発生しない。

上記静電チャック101では、セラミック誘電体膜4は、酸素を含有する窒化物セラミックからなり、また、気孔率が5%以下であり、最大の気孔径が50μm以下であることが望ましい。また、このセラミック誘電体膜4中の気孔は、お互いに独立した気孔により構成されていることが望ましい。

15 このような構成のセラミック誘電体膜4では、耐電圧を低下させるガス等がセラミック誘電体膜を透過して静電電極を腐食させたり、高温でもセラミック誘電体膜の耐電圧が低下することがない。

温度制御手段としては、抵抗発熱体12のほかに、ペルチェ素子(図7参照)が挙げられる。

20 温度制御手段としてペルチェ素子を使用する場合は、電流の流れる方向を変えることにより発熱、冷却両方行うことができるため有利である。

ペルチェ素子8は、図7に示すように、p型、n型の熱電素子81を直列に接続し、これをセラミック板82などに接合させることにより形成される。

ペルチェ素子としては、例えば、シリコン・ゲルマニウム系、ビスマス・アンチモン系、鉛・テルル系材料等が挙げられる。

本発明の静電チャックは、例えば、図3、4に示したような構成を有するものである。セラミック基板の材料等については、既に説明したが、以下においては、他の上記静電チャックを構成する各部材、および、本発明の静電チャックの他の実施形態について、順次、詳細に説明していく。

本発明の静電チャックを構成するセラミック誘電体膜の材料は、特に限定されず、酸化物セラミック、窒化物セラミック、酸化物セラミック等が挙げられるが、これらのなかでは窒化物セラミックが好ましい。

上記窒化物セラミックとしては、上記セラミック基板と同様のものが挙げられる。上記窒化物セラミックは、酸素を含有していることが望ましい。この場合、窒化物セラミックは、焼結が進行しやすくなり、気孔を含んでいる場合にも、この気孔は独立した気孔となり、耐電圧が向上する。

上記窒化物セラミックに酸素を含有させるため、通常、窒化物セラミックの原料粉末中に金属酸化物を混合して焼成を行う。

上記金属酸化物としては、アルミナ (Al_2O_3)、酸化珪素 (SiO_2) 等が挙げられる。

これらの金属酸化物の添加量は、窒化物セラミック 100 重量部に対して、0.1 ~ 10 重量部が好ましい。

セラミック誘電体膜の厚さを、50 ~ 5000 μm とすることで、チャック力を低下させずに充分な耐電圧を確保することができる。

上記セラミック誘電体膜の厚さが 50 μm 未満であると、膜厚が薄すぎるために充分な耐電圧が得られず、シリコンウェハを載置し、吸着した際にセラミック誘電体膜が絶縁破壊する場合があり、一方、上記セラミック誘電体膜の厚さが 5000 μm を超えると、シリコンウェハと静電電極との距離が遠くなるため、シリコンウェハを吸着する能力が低くなってしまう。セラミック誘電体膜の厚さは、100 ~ 1500 μm が好ましい。

上記セラミック誘電体膜の気孔率は、5 % 以下、最大気孔の気孔径は、50 μm 以下が好ましい。

上記気孔率が 5 % を超えると、気孔数が増え、また、気孔径が大きくなりすぎ、その結果、気孔同士が連通しやすくなる。このような構造のセラミック誘電体膜では、耐電圧が低下してしまう。

さらに、最大気孔の気孔径が 50 μm を超えると、酸化物が粒子境界に存在していても、高温での耐電圧を確保できない。気孔率は、0.01 ~ 3 % が好ましく、最大気孔の気孔径は、0.1 ~ 10 μm が好ましい。

上記セラミック誘電体膜中には、カーボンが50～5000 ppm含有されていることが望ましい。静電チャック中に設けられた電極パターンを隠蔽することができ、かつ、高輻射熱が得られるからである。また、体積抵抗率が低い方が、低温域においては、シリコンウェハの吸着能力が高くなる。

5 なお、本発明で、セラミック誘電体膜中にある程度の気孔が存在してもよいとしているのは、破壊韌性値を高くすることができるからであり、これにより熱衝撃性を改善することができる。

上記静電電極としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔等が挙げられる。金属焼結体としては、タンゲステン、モリブデンから選ばれる少なくとも1種からなるものが好ましい。金属箔も、金属焼結体と同じ材質からなることが望ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、電極として充分な導電性を有するからである。この場合には、金属箔の端部を加熱、加圧するか、あるいは、化学的、物理的なエッティングを行うことにより、尖頭状にしておく。化学的なエッティングとしては、酸、アルカリ水溶液によるエッティングが挙げられ、
15 物理的なエッティングとしては、イオンビームエッティング、プラズマエッティングなどが挙げられる。また、導電性セラミックとしては、タンゲステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも1種を使用することができる。

図9および図10は、他の静電チャックにおける静電電極を模式的に示した水平断面図であり、図9に示す静電チャック20では、セラミック基板1の内部に半円形状のチャック正極静電層22とチャック負極静電層23が形成されており、
20 図10に示す静電チャックでは、セラミック基板1の内部に円を4分割した形状のチャック正極静電層32a、32bとチャック負極静電層33a、33bが形成されている。また、2枚の正極静電層22a、22bおよび2枚のチャック負極静電層33a、33bは、それぞれ交差するように形成されている。

25 これらの静電電極の端部の断面も尖頭状であり、そのため、静電電極の端部に沿って電界が集中し、大きなチャック力が誘引される。また、セラミック基板にクラックが発生しにくい。

なお、円形等の電極が分割された形態の電極を形成する場合、その分割数は特に限定されず、5分割以上であってもよく、その形状も扇形に限定されない。

本発明における静電チャックとしては、例えば、図3に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部には抵抗発熱体5が設けられた構成の静電チャック101、図5に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、
5 セラミック基板1の底面に抵抗発熱体25が設けられた構成の静電チャック201、図6に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部に抵抗発熱体である金属線7が埋設された構成の静電チャック301、図7に
10 示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の底面に熱電素子81とセラミック板82からなるペルチェ素子8が形成された構成の静電チャック401等が挙げられる。

これらの静電チャックにおいて、静電電極層の端部の断面は、いずれも尖頭状
15 であり、このため、大きなチャック力が誘引され、セラミック基板にクラックが発生しにくい。

本発明では、図3～7に示したように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部に抵抗発熱体5や金属線7が形成されているため、これらと
20 外部端子とを接続するための接続部（スルーホール）16、17が必要となる。スルーホール16、17は、タングステンペースト、モリブデンペーストなどの高融点金属、タングステンカーバイド、モリブデンカーバイドなどの導電性セラミックを充填することにより形成される。

また、接続部（スルーホール）16、17の直径は、0.1～10mmが望ましい。断線を防止しつつ、クラックや歪みを防止できるからである。

このスルーホールを接続パッドとして外部端子6、18を接続する（図8（d）参照）。

接続は、半田、ろう材により行う。ろう材としては銀ろう、パラジウムろう、アルミニウムろう、金ろうを使用する。金ろうとしては、Au-Ni合金が望ま

しい。Au-Ni合金は、タングステンとの密着性に優れるからである。

Au/Niの比率は、[81.5~82.5(重量%)]/[18.5~17.5(重量%)]が望ましい。

Au-Ni層の厚さは、0.1~50μmが望ましい。接続を確保するに充分な範囲だからである。また、 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ Paの高真空中で500~1000°Cの高温で使用するとAu-Cu合金では劣化するが、Au-Ni合金ではこのような劣化がなく有利である。また、Au-Ni合金中の不純物元素量は全量を100重量部とした場合に1重量部未満であることが望ましい。

本発明では、必要に応じて、セラミック基板の有底孔に熱電対を埋め込んでおくことができる。熱電対により抵抗発熱体の温度を測定し、そのデータをもとに電圧、電流量を変えて、温度を制御することができるからである。

熱電対の金属線の接合部位の大きさは、各金属線の素線径と同一か、もしくは、それよりも大きく、かつ、0.5mm以下がよい。このような構成によって、接合部分の熱容量が小さくなり、温度が正確に、また、迅速に電流値に変換されるのである。このため、温度制御性が向上してウェハの加熱面の温度分布が小さくなるのである。

上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602(1980)に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対が挙げられる。

図11は、以上のような構成の本発明の静電チャックを嵌め込むための支持容器41を模式的に示した断面図である。

支持容器41には、静電チャック101が断熱材45を介して嵌め込まれるようになっている。また、この支持容器11には、冷媒吹き出し口42が形成されており、冷媒注入口44から冷媒が吹き込まれ、冷媒吹き出し口42を通って吸引口43から外部に出ていくようになっており、この冷媒の作用により、静電チャック101を冷却することができるようになっている。

次に、本発明のセラミック基板を一例である静電チャックの製造方法の一例を図8(a)~(d)に示した断面図に基づき説明する。

(1) まず、窒化物セラミック、炭化物セラミックなどのセラミックの粉体をバインダおよび溶剤と混合してグリーンシート50を得る。

前述したセラミック粉体としては、例えば、酸素を含有する窒化アルミニウム粉末などを使用することができる。また、必要に応じて、アルミナやイオウなどの焼結助剤を加えてもよい。

なお、後述する静電電極層印刷体51が形成されたグリーンシートの上に積層する数枚または1枚のグリーンシート50'は、セラミック誘電体膜4となる層であるので、必要により、セラミック基板とは別の組成としてもよい。

ただし、通常、セラミック誘電体膜4の原料とセラミック基板1の原料とは、同じものを使用することが望ましい。これらは、一体として焼結することが多いため、焼成条件が同じになるからである。ただし、材料が異なる場合には、まず10先にセラミック基板を製造しておき、その上に静電電極層を形成し、さらにその上にセラミック誘電体膜を形成することもできる。

また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセルソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

さらに、溶媒としては、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシート50を作製する。

グリーンシート50に、必要に応じ、シリコンウェハの支持ピンを挿通する貫通孔、熱電対を埋め込む凹部、スルーホールを形成する部分等に貫通孔を設けて20おくことができる。貫通孔は、パンチングなどにより形成することができる。

グリーンシート50の厚さは、0.1~5mm程度が好ましい。

次に、グリーンシート50の貫通孔に導体ペーストを充填し、スルーホール印刷体53、54を得、次に、グリーンシート50上に静電電極層や抵抗発熱体となる導体ペーストを印刷する。

25 印刷は、グリーンシート50の収縮率を考慮して所望のアスペクト比が得られるように行い、これにより静電電極層印刷体51、抵抗発熱体層印刷体52を得る。

印刷体は、導電性セラミック、金属粒子などを含む導電性ペーストを印刷することにより形成する。

これらの導電性ペースト中に含まれる導電性セラミック粒子としては、タングステンまたはモリブデンの炭化物が最適である。酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。

また、金属粒子としては、例えば、タングステン、モリブデン、白金、ニッケルなどを使用することができる。
5

導電性セラミック粒子、金属粒子の平均粒子径は0.1～5μmが好ましい。これらの粒子は、大きすぎても小さすぎても導体用ペーストを印刷しにくいからである。

このようなペーストとしては、金属粒子または導電性セラミック粒子8.5～9.7重量部、アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブおよびポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種のバインダー1.5～1.0重量部、α-テルピネオール、グリコール、エチルアルコールおよびブタノールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5～1.0重量部混合して調製した導体用ペーストが最適である。
10

15 次に、図8(a)に示すように、印刷体51、52、53、54を有するグリーンシート50と、印刷体を有さないグリーンシート50'を積層する。抵抗発熱体形成側に印刷体を有さないグリーンシート50'を積層するのは、スルーホールの端面が露出して、抵抗発熱体形成の焼成の際に酸化してしまうことを防止するためである。もしスルーホールの端面が露出したまま、抵抗発熱体形成の焼成を行うのであれば、ニッケルなどの酸化しにくい金属をスパッタリングする必要があり、さらに好ましくは、Au-Niの金ろうで被覆してもよい。
20

(2) 次に、図8(b)に示すように、積層体の加熱および加圧を行い、グリーンシートの積層体を形成する。このとき、導体ペースト層は加圧されるため、適當なバインダーを含有する導体ペースト層を形成しておくと、端部の断面が尖頭状となる。積層体の加熱温度は、50～300℃が好ましく、加圧の際の圧力は、20～200kg/cm²が好ましい。
25

この後、グリーンシートおよび導電ペーストを焼結させる。

焼成の際の温度は、1000～2000℃、焼成の際の加圧の圧力は100～200kg/cm²が好ましい。これらの加熱および加圧は、不活性ガス雰囲気

下で行う。不活性ガスとしては、アルゴン、窒素などを使用することができる。この焼成工程で、スルーホール 16、17、端部の端面が尖頭状のチャック正極静電層 2、チャック負極静電層 3、抵抗発熱体 5 等が形成される。

(3) 次に、図 8 (c) に示すように、外部端子接続のための袋孔 35、36 5 を設ける。

袋孔 35、36 の内壁は、その少なくともその一部が導電化され、導電化された内壁は、チャック正極静電層 2、チャック負極静電層 3、抵抗発熱体 5 等と接続されていることが望ましい。

(4) 最後に、図 8 (d) に示すように、袋孔 35、36 に金ろうを介して外 10 部端子 6、18 を設ける。さらに、必要に応じて、有底孔を設け、その内部に熱電対を埋め込むことができる。

半田は銀一鉛、鉛ースズ、ビスマスースズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1～50 μm が望ましい。半田による接続を確保するに充分な範囲だからである。

15 なお、上記説明では静電チャック 101 (図 3 参照) を例にしたが、静電チャック 201 (図 5 参照) を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック板を製造した後、このセラミック板の底面に導体ペーストを印刷、焼成し、抵抗発熱体 25 を形成し、この後、無電解めっき等により金属被覆層 25a を形成すればよい。また、静電チャック 301 (図 6 参照) を製造する場合は、セラミック粉 20 末中に金属箔、金属線を静電電極や抵抗発熱体にして埋め込み、焼結すればよい。

さらに、静電チャック 401 (図 7 参照) を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック板を製造した後、このセラミック板に溶射金属層を介してペルチエ素子を接合すればよい。

本発明のセラミック基板の表面および内部に導電体が配設され、表面の導体層 25 がチャックトップ導体層であり、内部の導電体がガード電極またはグランド電極のいずれか少なくとも一方である場合には、上記セラミック基板は、ウェハプローバとして機能する。

図 12 は、本発明のウェハプローバの一実施形態を模式的に示した断面図であり、図 13 は、図 12 に示したウェハプローバにおける A-A 線断面図である。

このウエハプローバ 501 では、円板形状のセラミック基板 63 の表面に平面視同心円形状の溝 67 が形成されるとともに、溝 67 の一部にシリコンウェハを吸引するための複数の吸引孔 68 が設けられており、溝 67 を含むセラミック基板 63 の大部分にシリコンウェハの電極と接続するためのチャックトップ導体層 62 が円形状に形成されている。
5

一方、セラミック基板 63 の底面には、シリコンウェハの温度をコントロールするために、図 1 に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体 61 が設けられており、抵抗発熱体 61 の両端には、外部端子（図示せず）が接続、固定されている。また、セラミック基板 63 の内部には、ストレイキャパシタやノイズを除去するために平面視格子形状のガード電極 65 とグランド電極 66（図 13 参照）
10 ）とが設けられている。ガード電極 65 とグランド電極 66 の端部の断面は、尖頭状となっており、このため、セラミック基板にクラックが発生しにくい。

上記静電チャックにおいて、抵抗発熱体 61 は、セラミック基板 63 の内部に設けられていてもよく、この場合に、抵抗発熱体 61 の端部の断面を尖頭状にすると、セラミック基板にクラックが発生しにくく、抵抗発熱体 61 の端部に蓄熱現象が発生しにくい。
15

なお、ガード電極 65 とグランド電極 66 の材質は、静電電極と同様のものでよい。

上記チャックトップ導体層 62 の厚さは、1～20 μm が望ましい。1 μm 未
20 満では抵抗値が高くなりすぎて電極として働かず、一方、20 μm を超えると導体の持つ応力によって剥離しやすくなってしまうからである。

チャックトップ導体層 62 としては、例えば、銅、チタン、クロム、ニッケル、貴金属（金、銀、白金等）、タンゲステン、モリブデンなどの高融点金属から選ばれる少なくとも 1 種の金属を使用することができる。
25

このような構成のウエハプローバでは、その上に集積回路が形成されたシリコンウェハを載置した後、このシリコンウェハにテスタピンを持つプロープカードを押しつけ、加熱、冷却しながら電圧を印加して導通テストを行うことができる。なお、ウエハプローバを製造する場合には、例えば、静電チャックの場合と同様に、初めに抵抗発熱体が埋設されたセラミック基板を製造し、その後、セラミック

ク基板の表面に溝を形成し、続いて、溝が形成された表面部分にスパッタリングおよびめっき等を施して、金属層を形成すればよい。

発明を実施するための最良の形態

5 以下、本発明をさらに詳細に説明する。

(実施例 1) 静電チャック (図 3 参照) の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末 (トクヤマ社製、平均粒径 1. 1 μm) 100 重量部、イットリア (平均粒径 : 0. 4 μm) 4 重量部、アクリルバインダ 11. 5 重量部、分散剤 0. 5 重量部および 1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール 5 3 重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ 0. 47 mm のグリーンシートを得た。

(2) 次に、このグリーンシートを 80 °C で 5 時間乾燥させた後、パンチングにより直径 1. 8 mm、3. 0 mm、5. 0 mm の半導体ウェハ支持ピンを挿通する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

(3) 平均粒子径 1 μm のタンゲステンカーバイト粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 3. 0 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3. 5 重量部および分散剤 0. 3 重量部を混合して導体ペースト A を調製した。

平均粒子径 3 μm のタンゲステン粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 1. 9 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3. 7 重量部および分散剤 0. 2 重量部を混合して導体ペースト B を調製した。

この導体ペースト A をグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。また、他のグリーンシートに図 4 に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペースト B を充填した。

上記処理の終わったグリーンシート 50 に、さらに、タンゲステンペーストを印刷しないグリーンシート 50' を上側 (加熱面) に 3 4 枚、下側に 1 3 枚積層

し、その上に静電電極パターンからなる導体ペースト層を印刷したグリーンシート50を積層し、さらにその上にタンゲステンペーストを印刷していないグリーンシート50'を2枚積層し、これらを130°C、80 kg/cm²の圧力で圧着して積層体を形成した(図8(a))。

5 (4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600°Cで5時間脱脂し、1890°C、圧力150 kg/cm²で3時間ホットプレスし、厚さ3 mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230 mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6 μm、幅10 mmの抵抗発熱体5および厚さ10 μmのチャック正極静電層2、チャック負極静電層3を有する窒化アルミニウム製の板状体とした(図8(b))。

10 (5) 次に、(4)で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔(直径: 1.2 mm、深さ: 2.0 mm)を設けた。

(6) さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔35、36とし(図8(c))、この袋孔35、36にNi-Auからなる金ろうを用い、
15 700°Cで加熱リフローしてコバール製の外部端子6、18を接続させた(図8(d))。

なお、外部端子の接続は、タンゲステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

(7) 次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、抵抗発熱体を有する静電チャックの製造を完了した。

得られた静電チャックを構成するセラミック基板を、静電電極層が含まれるようく破断させ、その断面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。その結果を図14に示す。図14により明らかのように、静電電極層の端部の断面は、尖頭状となっている。

25 (比較例1)

実施例1と同様であるが、25°Cで加熱せずにグリーンシートを積層した。電子顕微鏡観察(500倍)で観察したところ、静電電極および抵抗発熱体とも断面端部は、ウェハ処理面に垂直な面を持っていた。

(実施例2) ウエハプローバ201(図12参照)の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径 $1.1\mu\text{m}$ ）1000重量部、イットリア（平均粒径 $0.4\mu\text{m}$ ）40重量部および1-ブタノールおよびエタノールからなるアルコール530重量部を混合して得た混合組成物を、ドクターブレード法を用いて成形し、厚さ 0.47mm のグリーンシートを得た。

5 (2) 次に、このグリーンシートを 80°C で5時間乾燥させた後、パンチングにて抵抗発熱体と外部端子ピンと接続するためのスルーホール用の貫通孔を設けた。

(3) 平均粒子径 $1\mu\text{m}$ のタンクステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、 α -テルピネオール溶媒3.5重量および分散剤0.3重量部を混合して導電性ペーストAとした。

10 また、平均粒子径 $3\mu\text{m}$ のタンクステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、 α -テルピネオール溶媒を3.7重量部、分散剤0.2重量部を混合して導電性ペーストBとした。

次に、グリーンシートに、この導電性ペーストAを用いたスクリーン印刷で、格子状のガード電極用印刷体、グランド電極用印刷体を印刷した。

15 また、端子ピンと接続するためのスルーホール用の貫通孔に導電性ペーストBを充填した。

さらに、印刷されたグリーンシートおよび印刷がされていないグリーンシートを50枚積層して 130°C 、 80kg/cm^2 の圧力で一体化することにより積層体を作製した。

20 (4) 次に、この積層体を窒素ガス中で 600°C で5時間脱脂し、 1890°C 、圧力 150kg/cm^2 で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。得られた板状体を、直径300mmの円形状に切り出してセラミック製の板状体とした。スルーホール17の大きさは、直径 0.2mm 、深さ 0.2mm であった。

25 また、ガード電極65、グランド電極66の厚さは $10\mu\text{m}$ 、ガード電極65の形成位置は、ウエハ載置面から 1mm 、グランド電極66の形成位置は、ウエハ載置面から 1.2mm であり、ガード電極65、グランド電極66の端部の断面は、尖頭状であった。また、ガード電極65およびグランド電極66の導体非形成領域66aの1辺の大きさは、 0.5mm であった。

(5) 上記(4)で得た板状体を、ダイアモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるプラスト処理で表面に熱電対のための凹部およびウエハ吸着用の溝67(幅0.5mm、深さ0.5mm)を設けた。

(6) さらに、ウエハ載置面に対向する面に抵抗発熱体61を形成するための層5を印刷した。印刷は導電ペーストを用いた。導電ペーストは、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導電ペーストは、銀／鉛ペーストであり、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素、アルミナからなる金属酸化物（それぞれの重量比率は、5／55／10／25／5）を銀100重量部に対して7.5重量部含むものであ10った。

また、銀の形状は平均粒径4.5μmでリン片状のものであった。

(7) 導電ペーストを印刷したセラミック基板63を780°Cで加熱焼成して、導電ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板63に焼き付けた。さらに硫酸ニッケル30g／1、ほう酸30g／1、塩化アンモニウム30g／151およびロッシェル塩60g／1を含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴にヒータ板を浸漬して、銀の焼結体空なる抵抗発熱体61の表面に厚さ1μm、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層（図示せず）を析出させた。この後、ヒータ板は、120°Cで3時間アニーリング処理を施した。

銀の焼結体からなる抵抗発熱体は、厚さが5μm、幅2.4mmであり、面積20抵抗率が7.7mΩ／□であった。

(8) 溝67が形成された面に、スパッタリング法により、順次、チタン層、モリブデン層、ニッケル層を形成した。スパッタリングのための装置は、日本真空技術株式会社製のSV-4540を使用した。スパッタリングの条件は気圧0.6Pa、温度100°C、電力200Wであり、スパッタリング時間は、30秒から1分の範囲内で、各金属によって調整した。

得られた膜の厚さは、蛍光X線分析計の画像から、チタン層は0.3μm、モリブデン層は2μm、ニッケル層は1μmであった。

(9) 硫酸ニッケル30g／1、ほう酸30g／1、塩化アンモニウム30g／1およびロッシェル塩60g／1を含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴

に、上記（8）で得られたセラミック基板63を浸漬し、スパッタリングにより形成された金属層の表面に厚さ7μm、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層を析出させ、120°Cで3時間アニーリングした。

抵抗発熱体表面は、電流を流さず、電解ニッケルめっきで被覆されない。

5 さらに、表面にシアノ化金カリウム2g／1、塩化アンモニウム75g／1、クエン酸ナトリウム50g／1および次亜リン酸ナトリウム10g／1を含む無電解金めっき液に、93°Cの条件で1分間浸漬し、ニッケルめっき層上に厚さ1μmの金めっき層を形成した。

10 (10) 溝67から裏面に抜ける空気吸引孔68をドリル加工により形成し、さらにスルーホール16を露出させるための袋孔(図示せず)を設けた。この袋孔にNi-Au合金(Au81.5重量%、Ni18.4重量%、不純物0.1重量%)からなる金ろうを用い、970°Cで加熱リフローしてコバール製の外部端子ピンを接続させた。また、抵抗発熱体に半田(スズ90重量%／鉛10重量%)を介してコバール製の外部端子ピンを形成した。

15 (11) 次に、温度制御のための複数熱電対を凹部に埋め込み、ウェハプローバヒータ201を得た。

セラミック基板は、最大気孔の気孔径が2μmで、気孔率が1%であった。また、セラミック基板の温度を200°Cに上げたが、200V印加しても絶縁破壊は生じなかった。さらに、そり量も1μm以下で良好であった。

20 (比較例2)

実施例2と同様であるが、25°Cで加熱せずにグリーンシートを積層した。電子顕微鏡観察(500倍)で観察したところ、ガード電極およびグランド電極とも断面端部は、ウェハ処理面に垂直な面を持っていた。

(実施例3) アルミナホットプレート(図1、2参照)

25 (1) アルミナ：93重量部、SiO₂：5重量部、CaO：0.5重量部、MgO：0.5重量部、TiO₂：0.5重量部、アクリルバインダ：11.5重量部、分散剤：0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール：53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

(2) 次に、これらのグリーンシートを80°Cで5時間乾燥させた後、加工が必要なグリーンシートに対し、パンチングにより直径1.8mm、3.0mm、5.0mmの半導体ウェハ支持ピンを挿通する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

5 (3) 平均粒子径3μmのタンゲステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、α-テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。

この導体ペーストBをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。

10 (4) さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。

抵抗発熱体のパターンが形成されたグリーンシートに、さらに、タンゲステンペーストを印刷しないグリーンシートを上側（加熱面）に34枚から60枚、下側に13枚から30枚積層し、これらを130°C、80kg/cm²の圧力で圧着して積層体を形成した。

15 (5) 次に、得られた積層体を空気中、600°Cで5時間脱脂し、1600°C、圧力150kg/cm²で2時間ホットプレスし、厚さ3mmのアルミナ板状体を得た。加工条件、研磨条件を変えてこれを直径280で厚さ19mmの基板とした。

20 内部に厚さ6μm、幅10mmの抵抗発熱体5を有するアルミナ製の板状体とした。抵抗発熱体5の端部の断面は、尖頭状であった。

(6) 次に、(3)で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるプラスト処理で表面に熱電対のための有底孔（直径：1.2mm、深さ：2.0mm）を設けた。

25 (7) さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔とし、この袋孔にNi-Auからなる金ろうを用い、700°Cで加熱リフローしてコバルト製の外部端子を接続させた。

なお、外部端子の接続は、タンゲステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

(8) 次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、抵抗発熱体を有するホットプレート製造を完了した。

(比較例 3)

実施例 3 と同様であるが、25°Cで加熱せずにグリーンシートを積層した。電子顕微鏡観察（500倍）によれば、抵抗発熱体の断面端部は、ウェハ処理面に垂直な面を持っていた。

(実施例 4) 窒化アルミニウム製ホットプレート（図1、2参照）

(1) 窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径1.1 μm）100重量部、イットリア（平均粒径：0.4 μm）4重量部、アクリルバインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部、アクリル系樹脂バインダ（共栄社製 商品名KC-600 酸価17KOHmg/g）8重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行って、厚さ0.47mmのグリーンシートを得た。

(2) 次に、このグリーンシートを80°Cで5時間乾燥させた後、パンチングにより直径1.8mm、3.0mm、5.0mmの半導体ウェハ支持ピンを挿通する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

(3) 平均粒子径1 μmのタンゲステンカーバイト粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、α-テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製した。

平均粒子径3 μmのタンゲステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、α-テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。

この導体ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、同心円パターンとした。また、他のグリーンシートに図10に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。

さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。

上記処理の終わったグリーンシートに、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシートを上側（加熱面）に37枚、下側に13枚、130°C、80 kg/cm²の圧力で積層した。

(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600°Cで1時間脱脂し、1890°C、圧力150 kg/cm²で3時間ホットプレスし、カーボンを810 ppm含む厚さ3 mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230 mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6 μm、幅10 mmの抵抗発熱体および静電電極を有するセラミック製の板状体とした。静電電極の端部の断面は、尖頭状であった。

(5) 次に、(4)で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるプラスト処理で表面に熱電対のための有底孔（直径：1.2 mm、深さ：2.0 mm）を設けた。

(6) さらに、スルーホール用の貫通孔の一部をえぐり取って凹部とし、この凹部にNi-Auからなる金ろうを用い、700°Cで加熱リフローしてコバルト製の外部端子を接続させた。

なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

(7) 次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、セラミックヒータ（ホットプレート）の製造を完了した。

（比較例4）

実施例4と同様であるが、25°Cで加熱せずにグリーンシートを積層した。電子顕微鏡観察（500倍）によれば、抵抗発熱体の断面端部は、ウェハ処理面に垂直な面を持っていた。

評価方法

（1）均熱性

サーモビュア（日本データム社製 IR162012-0012）を用いて、セラミック基板のウェハ載置面における各場所での温度を測定し、最低温度と最高温度との温度差を求めた。

（2）吸着力

450°Cまで昇温し、ロードセル（島津製作所社製 オートグラフ AGS-

50) を使用して測定した。

(3) 耐熱衝撃性

200°Cまで昇温してこれを水中投入し、クラック発生の有無を調べた。なお、表1中、○は、クラックが発生せず、耐熱衝撃性を有することを示しており、×は、クラックが発生し、耐熱衝撃性がないことを示している。

(4) リーク電流

セラミック基板内の本来絶縁されている導体間に1kVの電圧を印加し、300°Cでのリーク電流を耐圧試験器（菊水電子工業社製 TOS-5051）またはウルトラハイレジスター（アドバンテスト社製 R8340）を使用して測定した。

表1

	均熱性 (°C)	吸着力 (g/cm ²)	耐熱衝撃性	リーク電流 (mA)
実施例 1	4	1000	○	4
実施例 2	5	—	○	3
実施例 3	10	—	○	3
実施例 4	4	—	○	4
比較例 1	8	800	×	8
比較例 2	10	—	×	8
比較例 3	20	—	×	6
比較例 4	8	—	×	9

上記表1より明らかなように、実施例1～4に係るセラミック基板は、均熱性、耐熱衝撃性とも非常に優れている。また、実施例1、比較例1からも明らかなように、実施例1に係る静電チャックは、チャック力も大きい。

産業上利用の可能性

以上、説明したように、本願発明のセラミック基板は、均熱性、耐熱衝撃性に

優れ、上記セラミック基板を静電チャックとして用いた場合には、チャック力も大きくなる。

請求の範囲

1. セラミック基板の内部に導体層が形成されてなるセラミック基板において、前記導体層の端部の断面は、尖頭状であることを特徴とするセラミック基板。

5

2. 前記導体層は、抵抗発熱体であり、ホットプレートとして機能する請求の範囲 1 に記載のセラミック基板。

3. 前記導体層は、静電電極であり、静電チャックとして機能する請求の範囲 1
10 または 2 に記載のセラミック基板。

4. 前記導体層は、0.1 ~ 200 μm の幅の尖頭状部を有する請求の範囲 1 ~
3 のいずれか 1 に記載のセラミック基板。

15 5. セラミックグリーンシートに導体層を印刷し、別のグリーンシートと加熱しながら加圧して一体化し、ついでセラミックを焼結させることを特徴とするセラミック基板の製造方法。

1 / 8

図 1

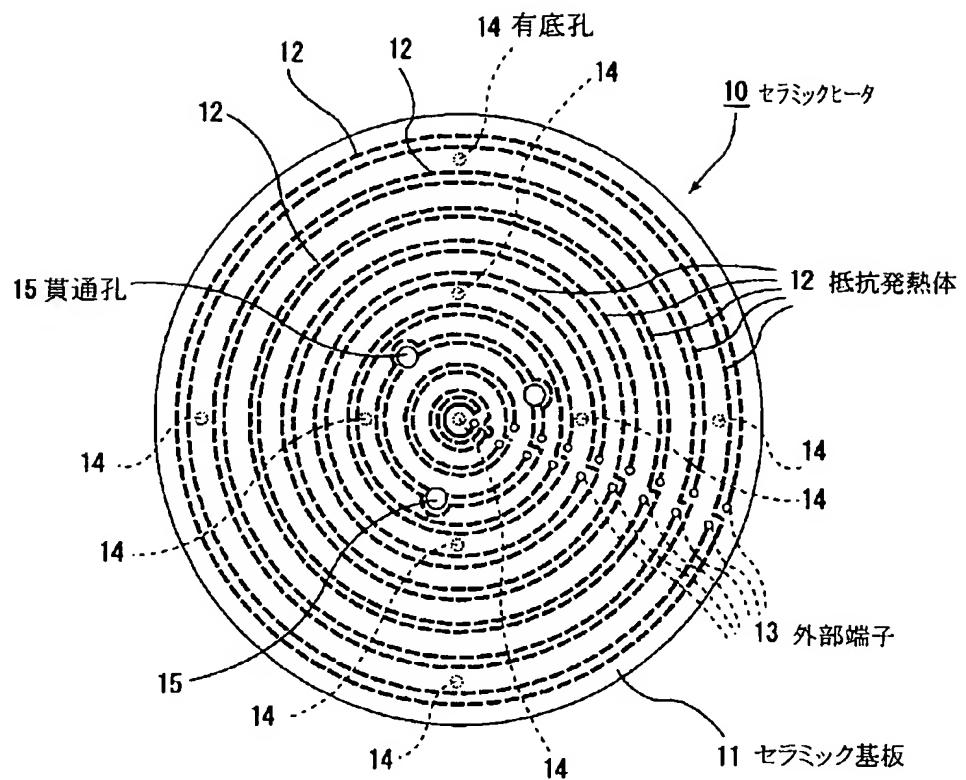


図 2

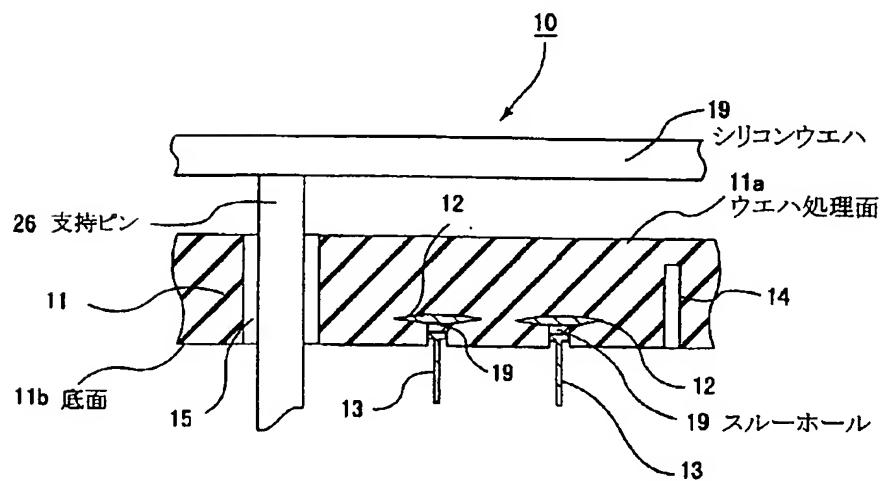


図 3

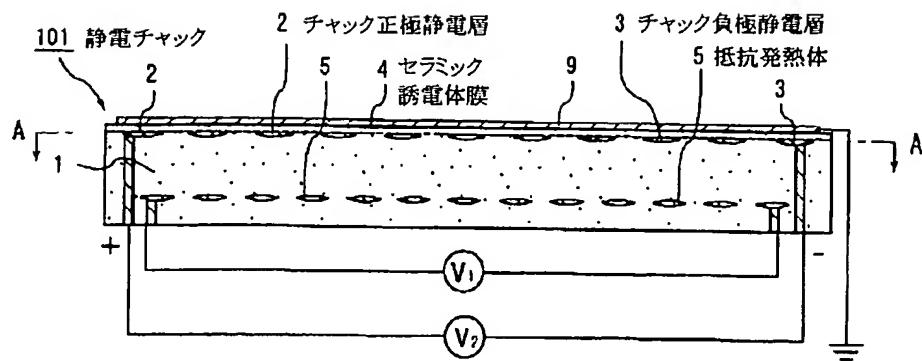
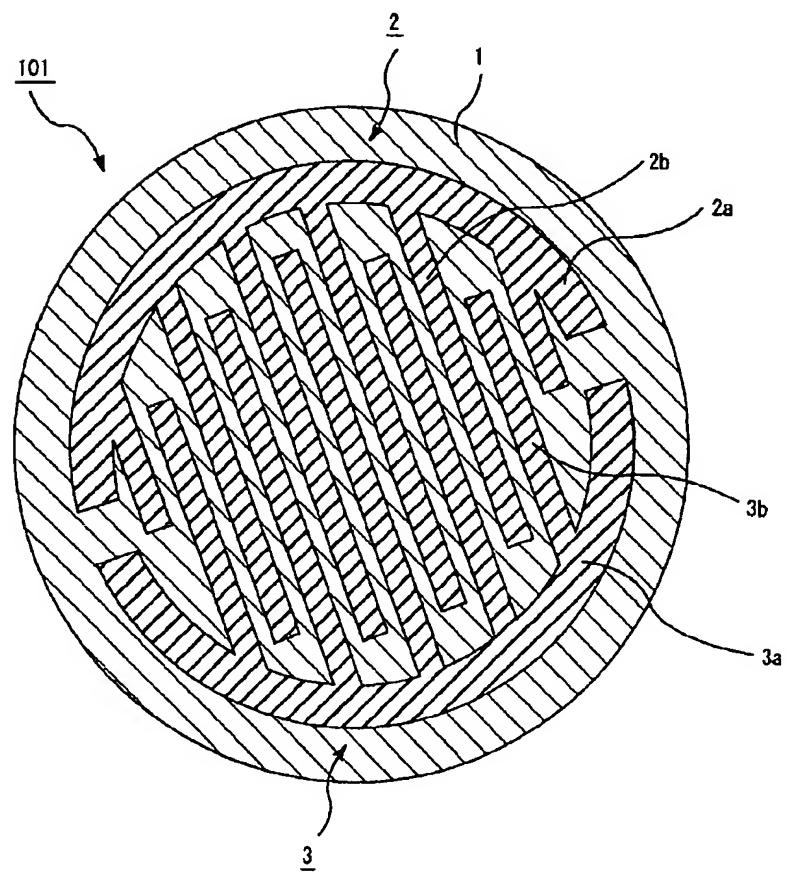


図 4



3 / 8

図 5

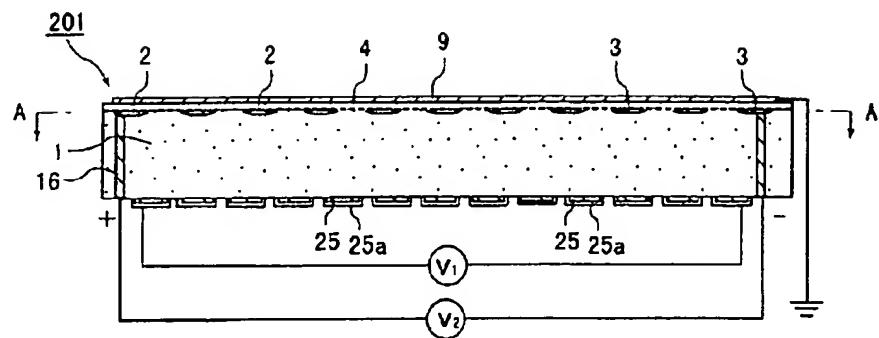


図 6

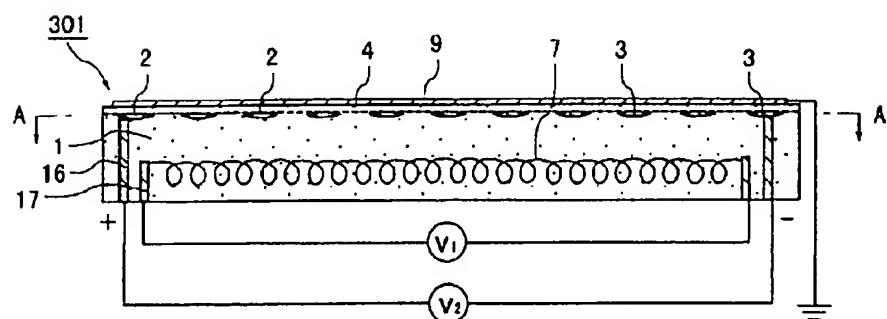
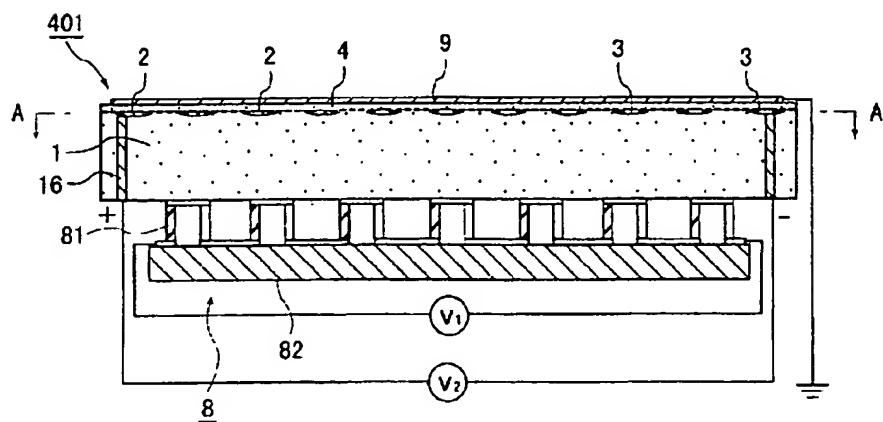
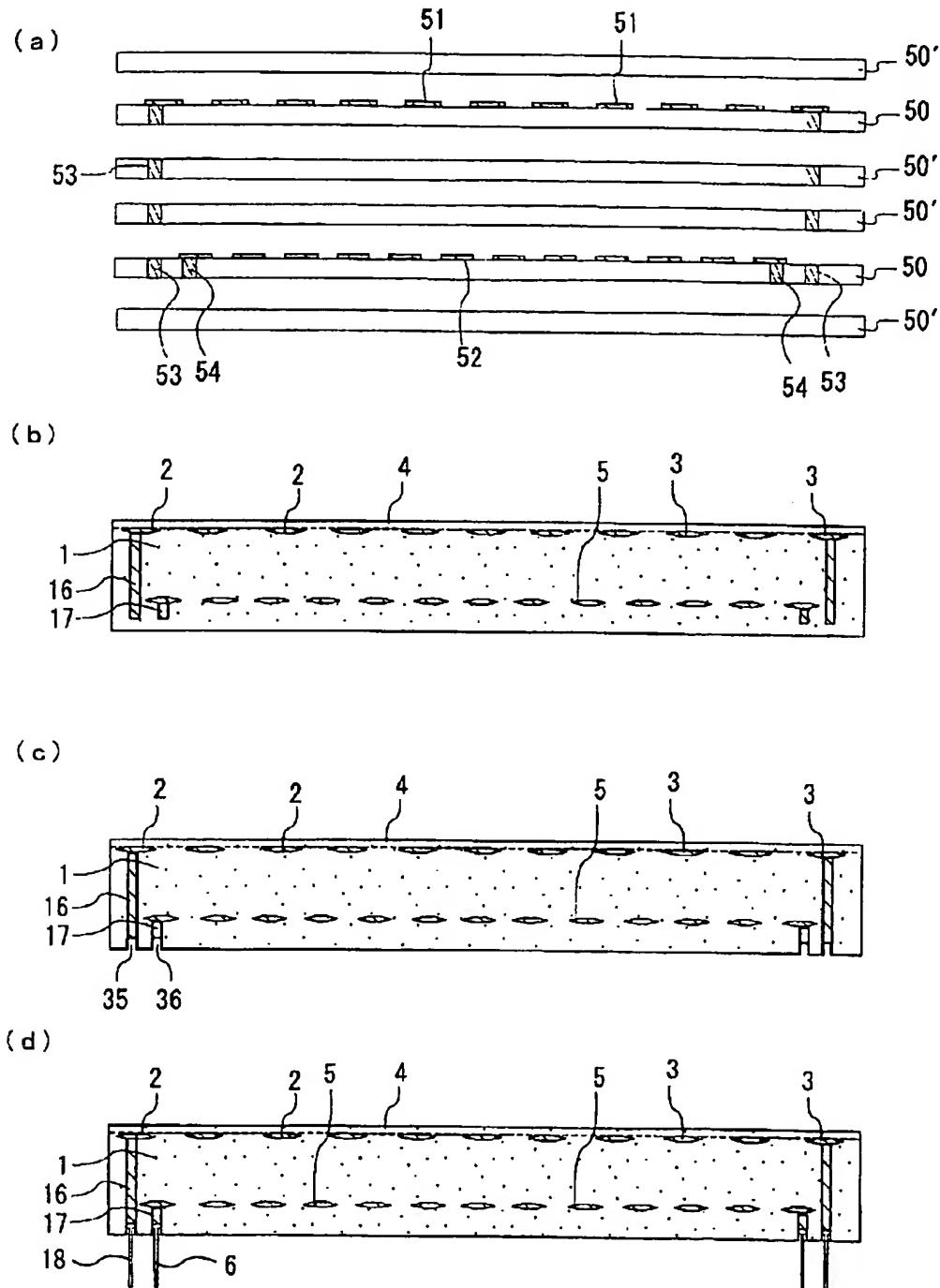


図 7



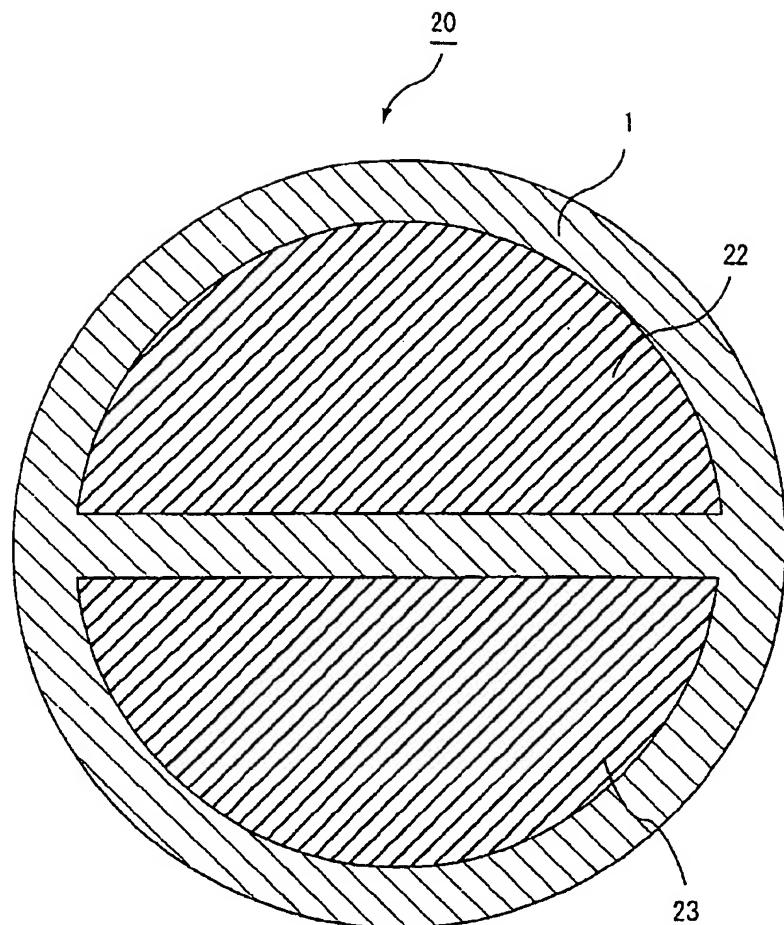
4 / 8

図 8



5 / 8

図 9



6 / 8

図 1 0

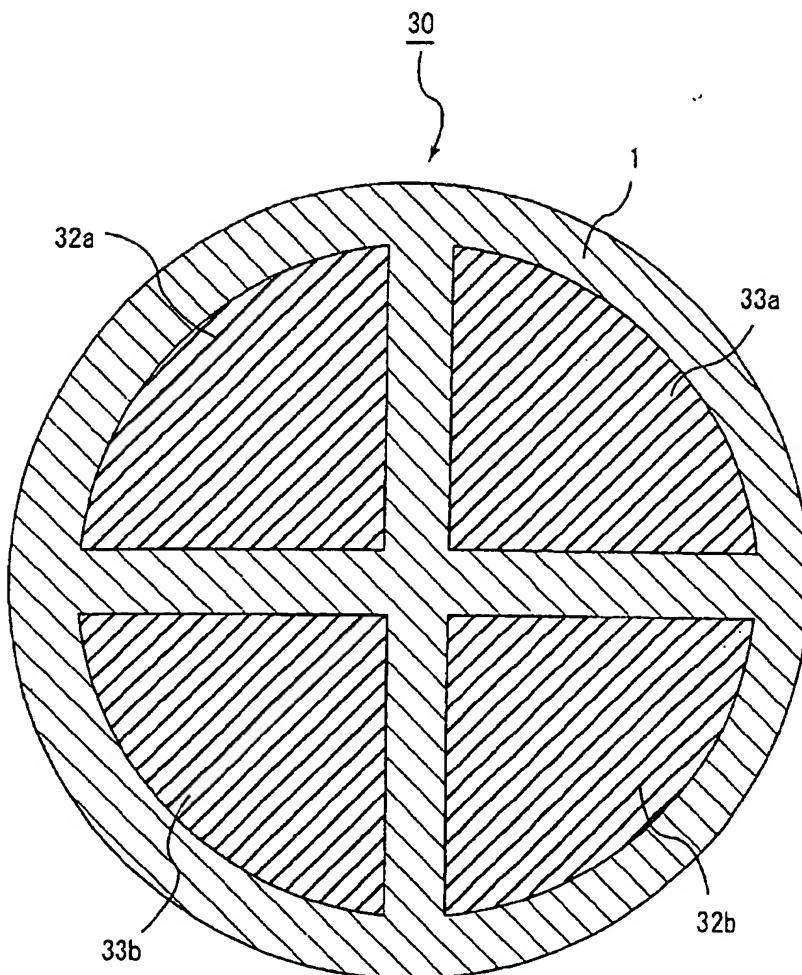


図 1 1

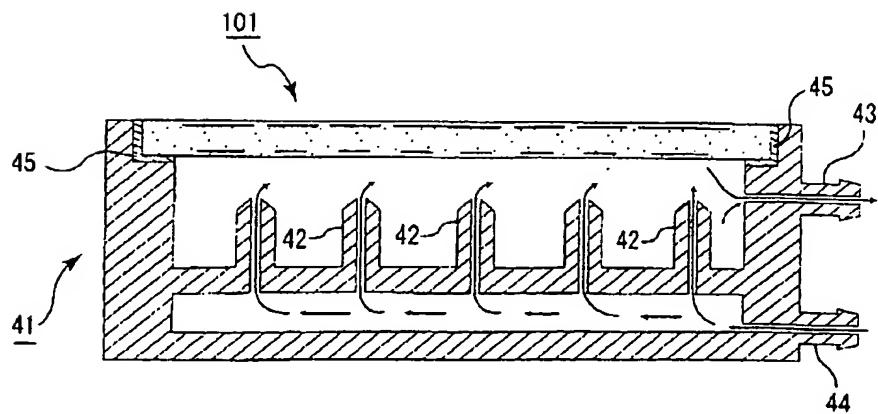


図 1 2

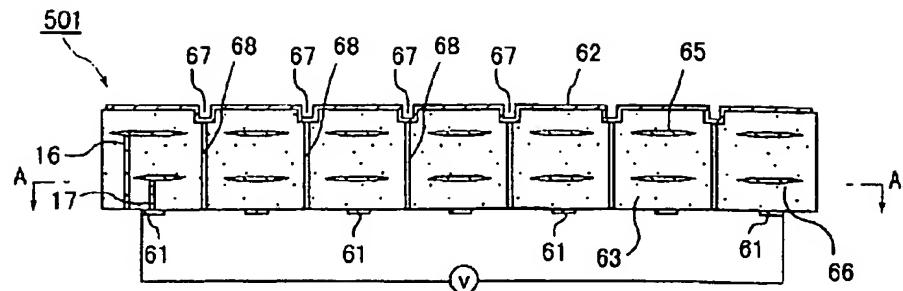
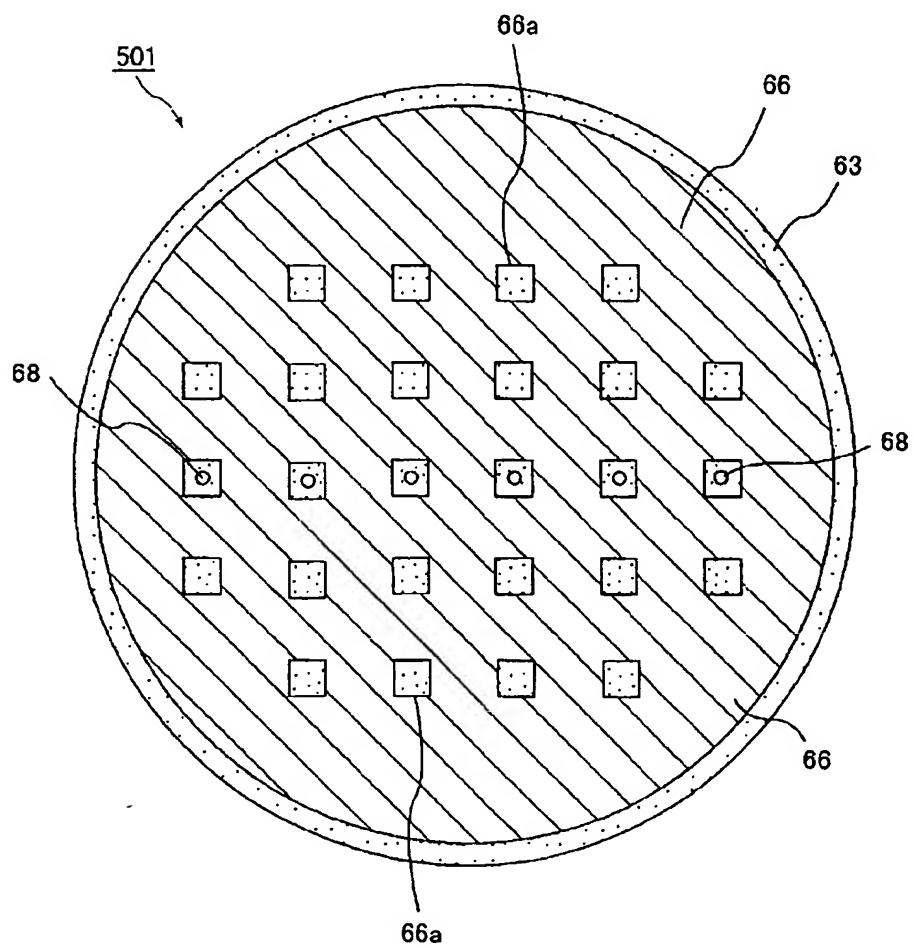
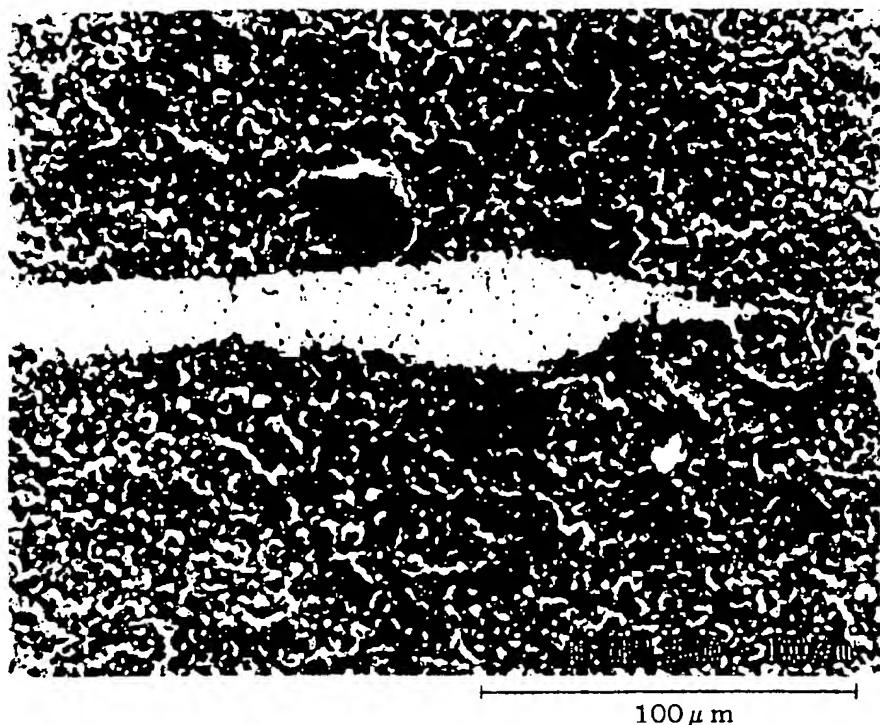


図 1 3



8 / 8

図 14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/03080

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H05B3/18, H05B3/68, H05B3/20, 328, H05B3/10, H01L21/68, B28B11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H05B3/18, H05B3/68, H05B3/20, 328, H05B3/10, H01L21/68, B28B11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-2000 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 6-52974, A (NGK INSULATORS, LTD.), 25 February, 1994 (25.02.94) (Family: none)	1,2
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 54887/1986 (Laid-open No. 167396/1987) (Kyocera Corporation), 23 October, 1987 (23.10.87) (Family: none)	1
A	JP, 2000-12194, A (IBIDEN CO., LTD.), 14 January, 2000 (14.01.00) (Family: none)	2,3
Y	JP, 8-273814, A (NGK SPARK PLUG CO., LTD.), 18 October, 1996 (18.10.96), page 3, left column, line 38 to page 3, right column, line 3 (Family: none)	5
Y	JP, 9-180867, A (Toyota Motor Corporation), 11 July, 1997 (11.07.97), page 4, right column, line 44 to page 6, left column, line 12 (Family: none)	5

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 June, 2000 (21.06.00)Date of mailing of the international search report
04 July, 2000 (04.07.00)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int C1' H05B3/18、H05B3/68、H05B3/20,328、H05B3/10、H01L21/68、B28B11/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int C1' H05B3/18、H05B3/68、H05B3/20,328、H05B3/10、H01L21/68、B28B11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-2000

日本国公開実用新案公報 1971-2000

日本国登録実用新案公報 1994-2000

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 6-52974, A(日本碍子株式会社), 25.02月.1994(25.02.94) (ファミリーなし)	1, 2
A	日本国登録実用新案出願 61-54887号(日本国実用新案登録出願公開 62-167396号)の願書に最初に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(京セラ株式会社), 23.10月.1987(23.10.87) (ファミリーなし)	1

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 21.06.00	国際調査報告の発送日 04.07.00
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 豊島 唯 3L 9432 電話番号 03-3581-1101 内線 3337

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 2000-12194, A(イビデン株式会社), 14. 01月. 2000(14. 01. 00) (ファミリーなし)	2、 3
Y	JP, 8-273814, A(日本特殊陶業株式会社), 18. 10月. 1996 (18. 10. 9 6), 第3頁左欄第38-第3頁右欄第3行 (ファミリーなし)	5
Y	JP, 9-180867, A(トヨタ自動車株式会社), 11. 07月. 1997(11. 07. 9 7), 第4頁右欄第44-第6頁左欄第12行 (ファミリーなし)	5